
Scheid, Wolf-Michael :

Die bessere Raumnutzung : automatisierte Lagersysteme, Teil 2

Zuerst erschienen in:

Logistik heute : das aktuelle Fachmagazin für Unternehmen mit
Zukunft und offizielles Mitteilungsblatt der Bundesvereinigung Logistik
e.V. - München : Huss, ISSN 0173-6213, Bd. 21 (1999), 11, S. 38-41

Die bessere Raumnutzung

Nach dem Hochregallager und den Möglichkeiten der Leistungserhöhung und besseren Raumausnutzung stehen im zweiten Teil unserer Serie Kanal- und Durchlauflager und deren Varianten im Mittelpunkt.

sd.*/ws. Zu einer größeren Anzahl von Lagereinheiten in Z-Richtung gelangt man, wenn man das Lastaufnahmemittel (grün) vom Hubwagen (gelb) des Regalbediengerätes (RBG) löst und dieses in entsprechende Kanäle mit der Palette zur Einlagerung einfahren und leer zum RBG zurückkehren lässt (bzw. in umgekehrter Abfolge

bei einem Auslagerungsvorgang). Entsprechende Systeme (Abbildung 1) wurden erstmals 1971 durch das heute nicht mehr existierende französische Unternehmen Constructions Mills-K realisiert.

Populär wurden sie später unter dem Namen Satellitenlager. Dabei handelt es sich formell um die Produktbezeich-

Vorteile des Kanallagers

Gegenüber dem klassischen Hochregallager erreicht das Kanallager eine deutlich bessere Raumnutzung. Durch unterschiedliche Kanallängen können die örtlichen Gegebenheiten oder auch nur unterschiedliche Sortimentsgruppen berücksichtigt werden. Bei Einsatz autonomer Kanalfahrzeuge Anpassung des Durchsatzes an sich ändernde Anforderungen möglich.

Nachteile

Bezogen auf den einzelnen Kanal im Regelfall Last-in/First-out (Lifo). Kanäle werden im Mittel zu deutlich weniger als 100% gefüllt. Autonome Kanalfahrzeuge sind meist Batterie betrieben. D.h. Berechnung der Anzahl erforderlicher Fahrzeuge und deren Überwachung im Betrieb auch unter diesem Aspekt. Bei Verzicht auf Regalbediengeräte (RBG) begrenzen Vertikalförderer die erreichbare Systemleistung. Wird die mittlere Leistung nahe der Grenzleistung der Vertikalförderer gewählt, werden Stauförderer zwischen diesen und den Kanälen zur Entkopplung der Leistung erforderlich.

Leistungsgrenzen

Kanalläger werden im Regelfall für Paletten genutzt. Bei Verwendung von RBG gelten die Aussagen zum klassischen Hochregallager. Bei Verwendung von Vertikalförderern sollte maximal mit 100 bis 150 Einzelspielen je Vertikalförderer und Stunde gerechnet werden. Konkrete Aussagen zur jeweiligen Obergrenze der Systemleistung (abhängig von Anlagenlayout, Anzahl der Lagerplätze und Fahrzeuge, Struktur der Ein- und Auslagerungsaufträge etc.) können letztlich nur durch Simulation gewonnen werden. Werden gemeinsame I- und K-Punkte genutzt, dürfte die erreichbare Grenzleistung um 500 Paletten/Stunde Einlagerung und 500 Paletten/Stunde Auslagerung betragen.

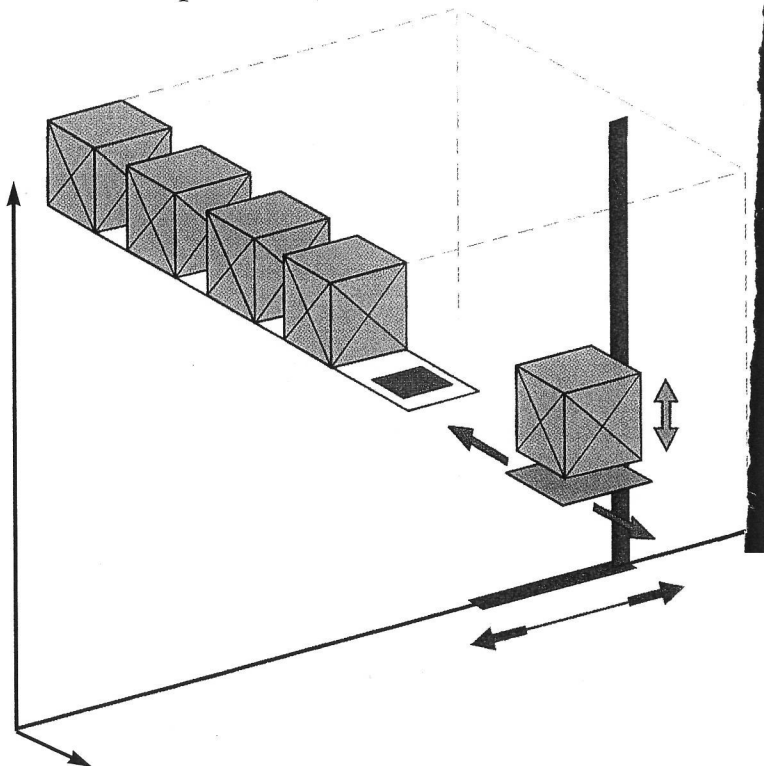


Abb. 1: Kanallager: Das Lastaufnahmemittel (grün) ist vom Hubwagen (gelb) des Regalbediengerätes (RBG) gelöst. Das Lastaufnahmemittel fährt in entsprechende Kanäle mit der Palette zur Einlagerung ein und kehrt leer zum RBG zurück (bzw. in umgekehrter Abfolge bei einem Auslagerungsvorgang).

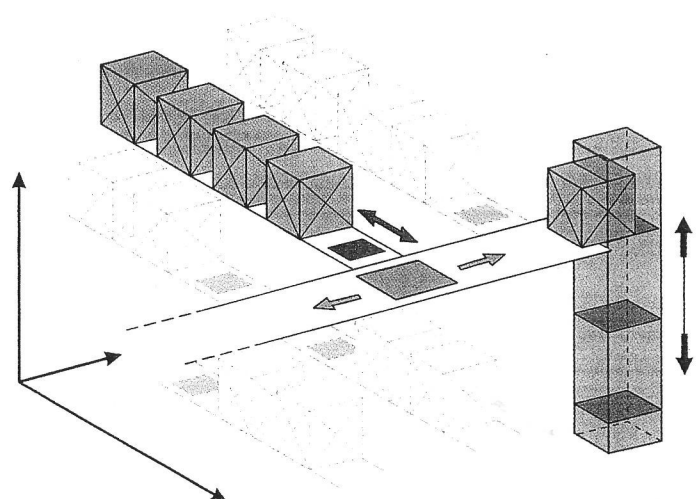


Abb. 3: Kanallager mit Vertikaltransport über einen Aufzug: Das Kanalfahrzeug (grün) arbeitet in Z-Richtung mit einem Verteilerverzeug (gelb) in X-Richtung und einem Aufzug (rot) in Y-Richtung zusammen. Ein RBG ist nicht nötig. Vorteil: die Leistung kann durch mehr Fahrzeuge oder Aufzüge gesteigert werden. Nachteil: meist batteriegetriebene Fahrzeuge.

*) Prof. Dr.-Ing. W. M. Scheid leitet das Institut für rechnerunterstützte Produktion an der TU Ilmenau.

nung eines von mehreren Anbietern solcher Systeme (beispielsweise Westfalia-WST-Systemtechnik).

Kanallager – beste Raumnutzung

Bezogen auf die gleiche Regalfläche (X, Y) muss logischerweise die Leistungsfähigkeit eines RBG für ein Kanallager gegenüber dem eines üblichen HRL abnehmen (zur Leistungsberechnung vgl. VDI-Richtlinie 3561.4). Vorteilhaft ist die hervorragende Raumnutzung, was in erster Linie für Tiefkühlagern wichtig ist. Wer will schon Luft statt Ware kühlhalten? Da sich prinzipiell eine Lifo-Strategie ergibt, ist dies bei den anzunehmenden Füllgraden der Lagerkanäle und auch bei der Gestaltung der Lagerverwaltungssoftware zu berücksichtigen.

Zur Vereinfachung der Software bzw. der Abläufe kann es sinnvoll sein, ein Kanallager nach dem Prinzip des Durchlaufagers zu betreiben (Abbildung 2). Trennt man das Kanalfahrzeug vom RBG erhält man ein autonomes Lagerfahrzeug (ALF). Da das RBG mit mehreren solcher Fahrzeuge zusammenarbeiten kann, ist ein höherer Durchsatz möglich. Dieses Konzept in Verbindung mit Verschieberegalen (zur weite-

ren Erhöhung der Raumnutzung) wurde mit einem Kanalfahrzeug des Unternehmens GPA nach einer Idee des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik IML, Dortmund, erstmals 1994 realisiert.

Varianten des Kanallagers

Alle vorgenannten Konzepte, einschließlich des HRL nutzen RBG. Im letzten Fall (ALF) wurde erstmals ein Teil des Ein- bzw. Auslagerungsvorgangs – nämlich die „Kanalfahrt“ – durchgeführt, ohne dass zwingend zugleich das RBG stehen musste ($V_x = 0$, $V_y = 0$). Es liegt daher nahe, dass weitere Leistungssteigerungen bezogen auf den Durchsatz eines Systems (Ein- und Auslagerungen) dann möglich sind, wenn die Bewegungen in den drei Achsen X, Y, Z vollständig entkoppelt werden.

Abbildung 3 zeigt ein Kanallager, dessen Kanalfahrzeug (grün) in Z-Richtung mit einem Verteilerfahrzeug (gelb) in X-Richtung und einem Aufzug (rot) in Y-Richtung zusammenarbeitet. Ein RBG ist dabei nicht nötig. Der Systemdurchsatz ist abhängig von der Anzahl eingesetzter Kanal- und Verteilerfahrzeuge sowie Aufzüge. Zuverlässige Leistungs-

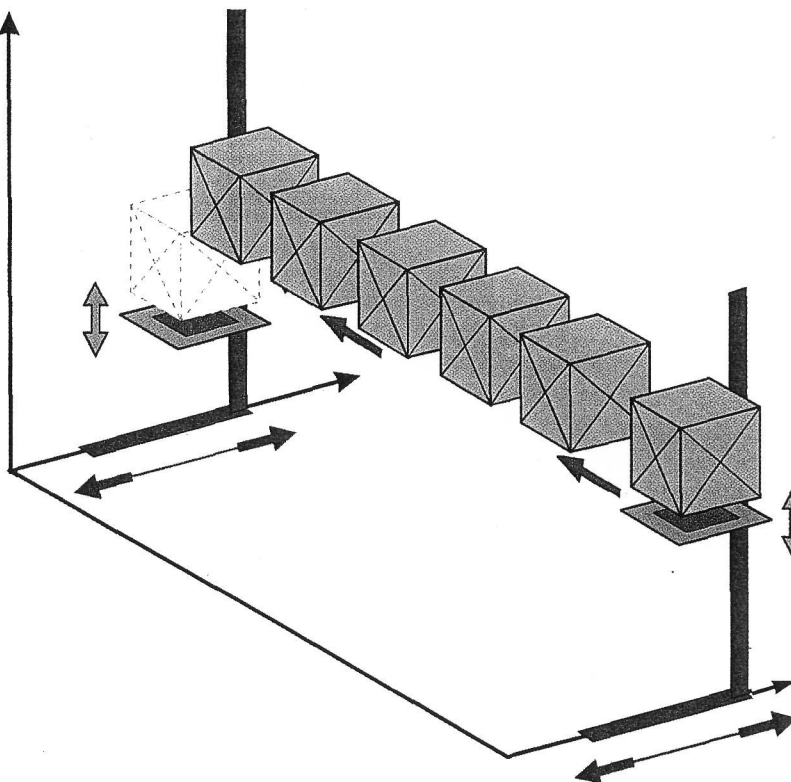


Abb. 2: Durchlaufager: Die Regalbediengeräte (RBG) realisieren ausschließlich Einzelspiele (Einlagerungs-RBG bzw. Auslagerungs-RBG). Damit kann der Durchsatz erhöht werden. Organisatorischer Vorteil: Strenges FiFo. Trennt man das Kanalfahrzeug vom RBG erhält man ein sog. autonomes Lagerfahrzeug (ALF). Der Vorteil: höherer Durchsatz. Das ALF ist nicht zwangsläufig mit einem Durchlaufager zu verbinden. Es kann, es muss nicht! Dagegen gibt es für das Durchlaufager natürlich auch Ausprägungen ohne „Kanalfahrzeug“ wie z.B. Rollpalette oder reine Schwerkraftförderer.

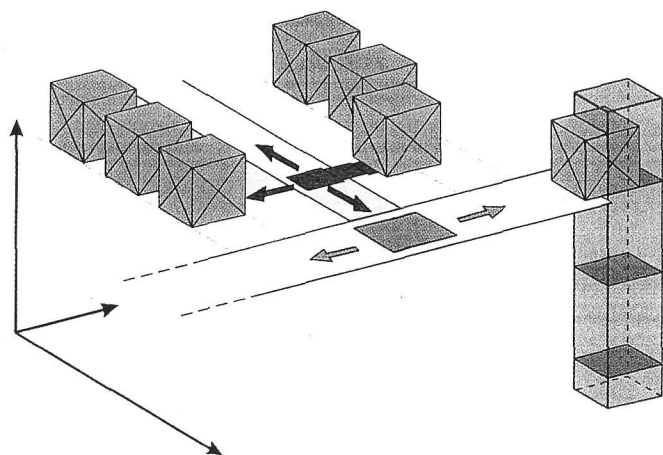


Abb. 4: Lagerbedienwagen für den direkten Zugriff auf Lagereinheiten: Statt des Kanalfahrzeugs werden Fahrzeuge mit Teleskopgabeln als Lastaufnahmemittel eingesetzt, die rechts und links Zugriff zu den Stellplätzen haben. Vorteil: flexible Leistungserhöhung durch Hinzufügen von Fahrzeugen und Aufzügen. Nachteil: schlechtere Raumnutzung.

angaben setzen allerdings eine Simulation voraus.

Positiv ist, dass bei gegebener Anzahl von Kanälen respektive Stellplätzen für Lagereinheiten die Leistung durch Hinzufügen der Arbeitsmittel (Fahrzeuge, Aufzüge) sukzessive gesteigert werden kann. Nachteilig ist, dass im Regelfall batteriegetriebene Fahrzeuge eingesetzt werden, um den technischen Aufwand innerhalb des Regals in Grenzen zu halten.

Es wurden auch Anlagen realisiert, bei denen das Kanalfahrzeug über einen Seiltrieb bewegt wird. Die Antriebsstationen befinden sich dann außerhalb des Regalblocks. Diese Entwicklung wurde durch die Firma Actiw in Finnland ab etwa 1980 betrieben. Die erste deutsche Actiw-Anlage entstand 1989. Das Unternehmen hatte 1990/91 nach eigenen Angaben 14 Referenzanlagen. Propagiert wurde das System

in Deutschland vor allem durch Züblin.

Natürlich kann man diese, hier zunächst auf Kanallager bezogene Technik, auch für Anlagen mit direktem Zugriff zu jeder Lagereinheit nutzen (Abbildung 4). Statt des Kanalfahrzeugs werden Fahrzeuge etwa mit Teleskopgabeln als Lastaufnahmemittel eingesetzt, die rechts und links ihres Fahrweges direkten Zugriff zu den Lagereinheiten bzw. Stellplätzen haben. Dann geht zwar die hohe Raumnutzung verloren, es bleibt aber die Möglichkeit der flexiblen Leistungserhöhung durch Hinzufügen von Fahrzeugen und Aufzügen. Auf ein entsprechendes Konzept wurde für Harry Riechelmann 1983 ein Gebrauchsmuster erteilt. Die Anmeldung und auch die erste Veröffentlichung des Konzepts (Gudehus, T. u. Riechelmann, H., „Hochregallager mit Lagerbedienungswagen“, Industrie-An-

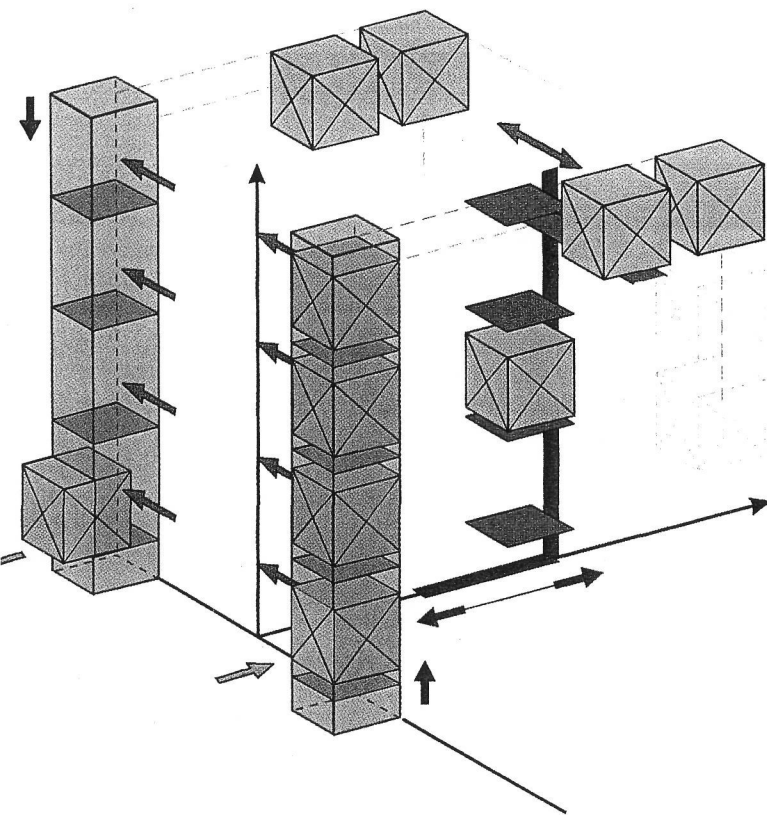


Abb. 5: Sistore: In einem Regalgang ist je Regalebene (mindestens) ein Lastaufnahmemittel an einem RBG vorgesehen. Bei Sistore verlangt die Z-Bewegung den Stillstand des RBG. Dafür werden auszulagernde Lagereinheiten gleichzeitig an einen Hochleistungsvertikalförderer übergeben, alle einzulagernden Einheiten zeitgleich aus einem Hochleistungsvertikalförderer entnommen.

Vorteile des Sistore-Konzepts

Das Konzept ist vergleichbar mit Kanallägern mit Lagerbedienwagen für direkten Zugriff auf Lagereinheiten (Abb. 4). Bei gleicher Raumnutzung wie beim klassischen Hochregallager steht damit ein hoher Durchsatz im Vordergrund. Dieser wird im Vergleich zu anderen Lösungen mit Gangwechseleinrichtungen. Sortieren bzw. Umlagern von Lagereinheiten kann erforderlich werden, wenn die mittlere Leistung des Systems nahe der Grenzleistung der Vertikalförderer gewählt wird.

Nachteile

Die angebotenen hohen Durchsatzwerte werden (noch) selten benötigt. Realisierte Anlagen nutzen daher mehrere Gänge je RBG in Verbindung mit Gangwechseleinrichtungen. Sortieren bzw. Umlagern von Lagereinheiten kann erforderlich werden, wenn die mittlere Leistung des Systems nahe der Grenzleistung der Vertikalförderer gewählt wird.

Leistungsgrenzen

Das System ist sowohl für Paletten als auch Trays und Behälter geeignet. Realisiert wurde es bislang nur für Behälter. Dabei wurden je RBG mehr als 1.000 Doppelspiele/Stunde und bei Einsatz von 3 Geräten eine mittlere Systemleistung von 1.900 Doppelspielen/Stunde erreicht. Bei Nutzung gemeinsamer I- und K-Punkte dürften Obergrenzen für erreichbare Systemleistungen um 3.000 Einlagerungen und 3.000 Auslagerungen/Stunde liegen. Unter Leistungsgesichtspunkten bewertet Grafe Sistore als das beste hier vorgestellte Konzept (vgl. Grafe, W., Gestaltung und Betrieb von Lagersystemen mit hohen Umschlagsleistungen, Dortmund, 1993, S. 40 ff.). Im Einzelfall führt auch hier die Simulation zu verlässlichen Aussagen.

zeiger, Nr. 30, 1974) erfolgten bereits 1974.

Angeboten werden derartige Systeme unter dem Namen Magmatic von dem französischen Unternehmen Cimat, Groupe Legris Industries (in Deutschland: Schulz Savoye Logistic Systems GmbH, Wülfrath). Magmatic verwendet ein batteriegetriebenes Fahrzeug, das die Kanalbedienung und die Verteilerfunktion integriert und zudem in die Aufzüge einfährt.

Sistore – antriebsstark

Die Leistungserhöhung durch zusätzliche Fahrzeuge mit Lastaufnahmemitteln zum direkten Zugriff auf Lagereinheiten bzw. Stellplätze zu beiden Seiten ihres Fahrweges findet dann ihre Grenze, wenn jeder Kanal in jeder Regalebene mit einem solchen Fahrzeug ausgerüstet ist. Natürlich ist der Einsatz eines weiteren Fahrzeugs denkbar, wenn eine Abgabe bzw. Übernahme von Lagereinheiten an beiden Enden des Fahrkanals erfolgen kann. Es kann auch an Fahrzeuge mit mehreren Lastaufnahmemitteln gedacht werden.

Problematisch wird die so erzeugbare hohe Durchsatzleistung bei der Übergabe zwischen Fahrzeugen und Aufzügen. Hier sind zum einen extrem leistungsfähige Vertikalförderer, zum anderen zur Entkopplung zwischen diesen und den Fahrzeugen automatisierte Puffer für die Lagereinheiten erforderlich. Das scheinbar so einfache System wird also komplexer.

Die gleiche Leistungsdichte lässt sich erreichen, wenn je Regalebene in einem Regalgang mindestens ein Lastaufnahmemittel an einem RBG vorgesehen wird (Abbildung 5). Auf den ersten Blick erscheint dies unplausibel, da bei den zuvor genannten Konzepten die Bewegungen in Z-, X- und Y-Richtung von (scheinbar) unabhängig voneinander operierenden Einheiten simultan stattfinden können. Bei Sistore dagegen verlangt die Z-Bewegung den Stillstand des

RBG ($V_x = 0$). Dafür werden sämtliche auszulagernden Lagereinheiten gleichzeitig an einen Hochleistungsvertikalförderer übergeben, alle einzulagernden Einheiten zeitgleich aus einem Hochleistungsvertikalförderer entnommen. Der Einsatz leistungsfähiger Vertikalförderer in Verbindung mit nur in einer Ebene operierenden Fahrzeugen würde Wartezeiten des Vertikalförderers auf das jeweils letzte Fahrzeug nach dem „Geleitzugprinzip“ bewirken. Der scheinbare Vorteil des unabhängigen Bewegens in Z- und X-Richtung geht in Bezug auf die erzielbare Leistung verloren. Im Vergleich zu Sistore ergeben sich dagegen zusätzliche Fahrantriebe. Sistore benötigt nur einen Fahrtrieb. Es werden keine Batterieantriebe verwendet.

Sistore wurde zur Cemat 1989 als Lagersystem für Kleinbehälter, zur Cemat 1992 auch für Paletten, vorgestellt. Die größte realisierte Anlage (Versandhaus Ackermann, Schweiz) verfügt über 200.000 Stellplätze, die durch lediglich drei RBG ver- und entsorgt werden. Abhängig von den Auftragsstrukturen wird im Dauerbetrieb ein Durchsatz von 1.900 Doppelspielen/h (Ein- und Auslagerungen) erreicht. Die Grenzleistung je Gerät liegt bei 1.000 Doppelspielen/h.

Die Leistungen sind begrenzt durch das Leistungsvermögen der verwendeten Vertikalförderer (vgl. auch die spätere Betrachtung zum Rotary Rack). Allerdings können je Regalgang bei höherem Leistungsbedarf auch mehrere Vertikalförderer vorgesehen werden. Das System ist wenig verbreitet. Es existieren eine Demo-Anlage beim IML Dortmund und zwei Anlagen im Praxisbetrieb.

Verwandte Kanal- und Durchlaufager

Bei den Kanallagervarianten ist zwar die Raumaussnutzung gut, es erfolgt jedoch statt Fifo ein Lifo. Dieser mögliche Nachteil entfällt, wenn Kanal-

lager als Durchlauf Lager betrieben werden (Abbildung 2). Dies schafft bei gravierenden Störungen zusätzliche Redundanz, da jeder Stellplatz von zwei Seiten des Systems her erreichbar ist und im Regelfall auch ein „Reversier-Betrieb“ als Notbetrieb möglich sein sollte.

Das klassische Durchlaufregal war ein die Schwerkraft (statt Kanalfahrzeuge) nutzendes Regal. Da das am häufigsten verwendete Lagerhilfsmittel, die Euro-Palette, nicht als Hilfsmittel der Lagerautomatisierung konstruiert wurde, ergeben sich immer wieder palettenbedingte Störungen im Automatikbetrieb. Im Durchlauf Lager wirken sich solche Störungen wegen mangelnder Zugänglichkeit erschwerend aus. Abhilfe schaffen eigene Lagerhilfspaletten, speziell im Falle des Durchlauf Lagers auch Rollpaletten.

Bei der Lagerung von Luftfrachtpaletten sind Lagerplätze üblich, die mittels am RBG befestigtem Reibradantrieb vom Gerät aus angetrieben werden können. Analog können Rollpaletten statt durch Kanalfahrzeuge auch durch einen Reibradantrieb vom RBG aus mehrfach hintereinander angeordnet ein- oder ausgelagert werden (System Rollax-plus, vorgestellt durch Züblin Systemtechnik 1990).

Ebenfalls um 1990 wurde ein System entwickelt, bei dem Rollpaletten zu Palettenzügen beim Einlagern in den Kanal gekoppelt, beim Auslagern entkoppelt wurden. Dies hat den entscheidenden Vorteil, dass das den Kanal bedienende RBG oder Verteilerfahrzeug stets nur den vordersten Stellplatz eines Kanals bedient (und keinerlei Abhängigkeiten von irgendwelchen Kanalfahrzeugen entstehen). Das System wurde seinerzeit Dynastore genannt. Eine der interessantesten Anwendungen befindet sich im Übrigen beim Hausgerätehersteller Miele. Anlagen nach dem beschriebenen Prinzip werden heute noch durch Krups Kompaktlogistik unter der Markenbezeichnung „Sort-Link“ angeboten.

Mit Kanallagern und ebenso mit Durchlauf Lagern ist eine Raumausnutzung zwischen 28 bis 40% erreichbar. Kanallager und Durchlauf Lager (ohne Bedienung durch RBG) können bei Bedarf durch unterschiedlichste Längen der Kanäle an örtliche Restriktionen mit dem Ziel einer maximalen Stellplatzzahl angepasst werden.

Der dritte und letzte Teil unserer Serie beschäftigt sich mit Hubbalkensystemen, Turm-, Paternoster- und Karusell-Lager sowie dem Stapelkran. ◀